



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 45 005 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**C 23 C 24/10**  
G 01 N 21/84

②1 Aktenzeichen: 195 45 005.1  
②2 Anmeldetag: 2. 12. 95  
②3 Offenlegungstag: 5. 8. 97

213

DE 195 45 005 A 1

⑦1 Anmelder:  
ABB Patent GmbH, 88309 Mannheim, DE

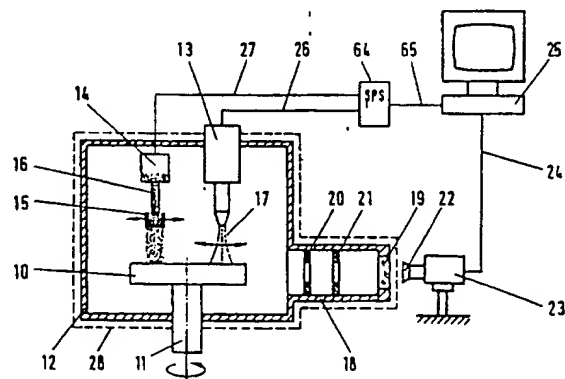
⑦2 Erfinder:  
Fink, Harald, Dr.-Ing., 40882 Ratingen, DE; Pilsinger,  
Günter, Dipl.-Ing., 40825 Düsseldorf, DE; Kußmaul,  
Karl F., Prof. Dr.-Ing. Dr.techn., 72786 Reutlingen,  
DE; Greitmann, Martin J., Dr.-Ing., 70569 Stuttgart,  
DE; Britsch, Helmut, Dipl.-Ing., 75015 Bretten, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 44 13 745 A1  
DE 31 28 381 A1  
DE 30 13 244 A1  
DE 28 45 345 A1  
DE-OS 19 41 547  
US 54 09 537  
US 52 00 230

⑤4 Verfahren zur Überwachung der Beschichtung einer Platte aus einem Metall mit hoher Leitfähigkeit mit einem Material mit geringerer Leitfähigkeit und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

⑤7 Es wird ein Verfahren zur Überwachung der Beschichtung einer Platte aus einem Metall vorzugsweise mit einer hohen Leitfähigkeit, insbesondere aus Kupfer, mit einem Material mit geringerer Leitfähigkeit, insbesondere Chrom, zur Bildung einer Cu-Cr-Schicht, insbesondere für Vakuumkontaktbeschreibungen, in dem die Platte an ihrer Oberfläche mit einem Wärmestrahle, insbesondere einem Elektronenstrahl, auf- bzw. angeschmolzen und in der Schmelze Chrompulver eingegeben wird, wobei die Temperatur und/oder die Pulvermenge mittels einer Videokamera überwacht werden, in dem die der Temperatur und der Form der Platte und/oder der zugeführten Pulvermenge zugehörigen optischen Signale von der Videokamera erfaßt und in einer Meß- und Auswerteeinrichtung verarbeitet werden. Weiterhin wird eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens angegeben.



13.) DOS 195 45 005 AT 2. 12. 1995  
ABB Patent GmbH

Überwachungssystem für Pulverbeschichtungsverfahren kein Plasmaspritzverfahren,  
sondern ein Verfahren das unter Vakuum mit einem Elektronenstrahl arbeitet.

DE 195 45 005 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 12.

Kontaktstücke für Vakuumschalter müssen unterschiedlichen Bedingungen gerecht werden. Zum einen benötigen sie eine ausreichende elektrische Leitfähigkeit und zum anderen ist dafür zu sorgen, daß der Abbrand aufgrund des Lichtbogens bei einer Schalthandlung minimiert wird. Aus diesem Grunde ist es nicht möglich, reines Kupfer zur Herstellung der Kontaktstücke zu verwenden, obwohl Kupfer eine sehr hohe elektrische Leitfähigkeit hat. Die Verwendung von Chrom beispielsweise ist zwar, was den Abbrand betrifft, optimal. Da Chrom aber eine niedrige elektrische Leitfähigkeit hat, ist ein reiner Chromkontakt für Schaltgeräte zur Führung des Nennstromes nicht geeignet.

Aus diesem Grund ist ein Kompromiß gefunden worden. Man verwendet eine Chrom-Kupferlegierung mit einem bestimmten Gewichts- oder Volumenverhältnis von Chrom und Kupfer; ein entsprechendes Kontaktstück wird meistens im Sinterverfahren hergestellt, in dem Chrom-Kupferpulver miteinander vermischt und danach gesintert wird.

Es hat sich herausgestellt, daß es ausreicht, wenn die Kontaktplatte nur in dem Bereich der Kontaktoberfläche, also derjenigen Oberfläche, die mit dem Gegenkontaktstück in Berührung kommt und auf der der Lichtbogenfußpunkt wandert, aus Kupfer-Chrom besteht.

Zur Herstellung einer solchen Beschichtung ist es bekannt geworden, innerhalb einer Vakuumkammer die Kupferplatte an der Oberfläche aufzuschmelzen und Chrompulver in das Schmelzbad hineinrieseln zu lassen.

Zur Durchführung eines kontinuierlichen Herstellprozesses ist es notwendig, die Temperatur der Kontaktplatte, kurz auch Platte genannt, sowie die Menge des zugeführten Pulvers und die Lage der Platte auf einem Drehdorn zu erfassen.

Bei der Temperaturerfassung kennt man mehrere Meßmethoden.

Zur berührungslosen Temperaturerfassung können beispielsweise Faseroptiken verwendet werden, die allerdings nur einen relativ kleinen optischen Meßbereich erfassen können. Will man z. B. eine größere Kontur meßtechnisch überwachen, wie dies im vorliegenden Fall bei der Herstellung einer Kontaktplatte notwendig ist, dann sind mehrere Faseroptiken vorzusehen, die der Teilekontur entsprechend angebracht sein müssen. In bestimmten Fällen ist jedoch kein Platz vorhanden und bei der Herstellung eines Kontaktstückes in einem Hochvakuum müssen geeignete Lichtwellenleiterdurchführungen installiert werden, was sehr aufwendig ist.

Darüberhinaus besteht die Möglichkeit, pyrometrische Messungen auf der Scheibenoberfläche durchzuführen. Diese Messungen ergaben sehr ungenaue und nicht reproduzierbare Ergebnisse, da Oberflächenänderungen durch aufgebrachtes Cr-Pulver das Meßsignal erheblich verändern. Bei Versuchen wurde festgestellt, daß die tatsächliche Scheibentemperatur höher war als der gemessene Wert und die Temperaturverteilung ortsabhängig war. Bei einem Versuch war die Scheibe seitlich zerschmolzen. Dies liegt daran, daß eine mit Cr-Pulver beschichtete Oberfläche einer Platte nicht mehr homogen ist und aufgrund der dunklen Oberfläche infolge Werkstoffvermischung ein verfälschtes Meßsignal ergibt. Dies liegt daran, weil eine solche Oberfläche, wie

sie bei reinen Metallen vorliegt, nicht mehr vorhanden ist. Auch ist zu beachten, daß das von der Oberfläche der Scheibe emittierte Licht bzw. die emittierte Wärmestrahlung durch einen Emissionskoeffizienten beeinflusst ist, der nicht konstant ist, weil die Schmelze inhomogen ist.

Es besteht auch das Problem, daß durch Metaldampf, der bei dem Beschichtungsprozeß anfällt und die Innenseite des Meßfensters bedampft, eine große Ergebnisverfälschung hervorgerufen wird. Unter Umständen kann das Meßfenster durch die Bedampfung undurchsichtig werden.

Wenn man eine thermografische oder Helligkeitsuntersuchung durchführt, ergeben sich die gleichen Schwierigkeiten bezüglich Oberflächenänderung durch aufgebrachtes Cr-Pulver, und es besteht auch hierbei das Problem, daß der Metaldampf das Sichtfenster langsam undurchsichtig macht. Erschwerend ist auch der lichtintensive Anteil des Wärmestrahl, der bevorzugt ein Elektronenstrahl ist, wenn Cr-Pulver in den Bereich des Strahls gelangt.

Wenn eine berührende Messung durchgeführt werden soll, dann müssen Thermoelemente sicher und fest mit dem zu messenden Objekt verbunden werden. Dies ist bei der Herstellung von solchen Kontaktstücken nicht realisierbar, da der Prozeßablauf automatisch und unter Vakuum durchgeführt werden soll. Für die Ausleitungen der Thermoelemente wären aufwendige Drehdurchführungen erforderlich gewesen, wobei die Spannung der Thermoelemente über Schleifringkontakte abzunehmen wäre. Außerdem muß das zu messende Objekt mit einer Aufnahmebohrung für ein Thermoelement versehen werden; infolge einer Oberflächendiffusionsverschweißung mit der Scheibe bzw. der Platte verband sich bei einer Untersuchung das Thermoelement so fest mit dieser, daß es beim Entfernen zerstört wurde.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, bei der eine Überwachung der Beschichtung automatisch erfolgen kann, ohne daß die oben aufgeführten Probleme bei der Temperaturerfassung auftreten. Im wesentlichen soll mit dem Verfahren berührungslos gemessen werden; es soll berührungslos die Temperaturbilanz der Scheibe und auch die Menge des zugeführten Cr-Pulvers erfaßt werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1.

Danach werden die Temperatur- und die Pulvermenge mittels einer Videokamera entweder einer handelsüblichen Videokamera oder einer Industriedevidokamera, überwacht, in dem die der Temperatur bzw. Temperaturverteilung und der Form der Platte und der zugeführten Pulvermenge zugehörigen optischen Signale von der Videokamera erfaßt und in einer Meß- und Auswerteeinrichtung verarbeitet werden. Die Erfassung und Auswertung solcher Signale an sich sind Stand der Technik.

Damit können die der Temperatur- und der Pulvermenge entsprechenden Signale in einer Datenverarbeitungsanlage, vorzugsweise einem Prozeßrechner, verarbeitet werden, so daß damit kontinuierlich der Prozeß überwacht und darüberhinaus auch kontinuierlich die einzelnen Parameter gesteuert werden können. Beispielsweise kann die zugeführte Leistung der Elektronenstrahlkanone rechtzeitig abgesenkt oder angehoben werden. Darüberhinaus kann die Menge des Cr-Pulvers gesteuert werden. Durch Verwendung einer Videoka-

mera besteht auch die Möglichkeit, zu erkennen, ob überhaupt eine Scheibe in die Prozeßkammer eingeschoben und dort richtig positioniert wurde. Wenn mit der Videokamera in Verbindung mit der Datenverarbeitungsanlage detektiert wird, daß die Scheibe in einer schiefen Lage auf dem Drehdorn aufliegt dann wird beispielsweise eine Leistungsfreigabe für die Elektronenstrahlkanone verhindert werden. Eine Leistungsfreigabe für den Elektronenstrahl kann darüberhinaus auch nur dann erteilt werden, wenn eine Chrom-Pulverzuführung in einem vorgegebenen Zeitintervall zu einem definierten Zeitpunkt mit bestimmter Pulvermenge erfolgt.

Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung kann dahin gehen, daß die Videokamera die Platte von der Seite erfaßt und durch Einprojizieren eines ersten Meßcursors in der Form von in bzw. parallel zu der X- und Y-Achse liegenden Linien die Flächendifferenz zwischen der Eckkontur, gebildet durch die Linien, welche in der Oberflächenkontur und der Seitenkantenkontur liegen, und der tatsächlichen Eckkontur errechnet und mit einem Sollwert verglichen wird, derart, daß dann, wenn die Flächendifferenz einen bestimmten Wert über- bzw. unterschreitet, eine Änderung der Energiezufuhr für den Elektronenstrahl und/oder der Cr-Zufuhr angesteuert wird.

Die X-Achse verläuft senkrecht zur Mittelachse der Scheibe und die Y-Achse parallel dazu; es ist dabei nicht von Bedeutung, an welche Stelle der Koordinatennullpunkt gelegt wird. Von Bedeutung ist lediglich, daß der erste Meßcursor, der aus den beiden sich senkrecht kreuzenden Linien gebildet ist, in einem der oberen Eckpunkte vorzugsweise im linken oberen Eckpunkt der Scheibe im Videobild liegt, so daß die X-Linie, wie sie genannt werden soll, in der oberen Oberfläche der Scheibe und die Y-Linie in der Seitenkante der Scheibe liegt. Die obere Oberfläche ist diejenige Fläche der Scheibe, die beschichtet wird.

Bei der Beschichtung der Scheibe, insbesondere bei der Energiezufuhr zur Erhitzung der Scheibe ist diese natürlich auch zu kühlen; die Kühlung kann durch einen im Drehdorn liegenden Flüssigkeitskreislauf erfolgen. Damit kann natürlich außer der Änderung der Energiezufuhr für den Elektronenstrahl und/oder der Cr-Zufuhr auch eine Änderung der Kühlleistung angesteuert werden. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß das Verfahren von drei wesentlichen Faktoren beeinflusst wird, nämlich von der zugeführten Wärmemenge der Elektronenstrahlkanone auf die Scheibenoberfläche, durch die definiert abgeführte Wärmemenge über den Drehdorn, auf dem die Scheibe aufliegt, und durch die zugeführte Pulvermenge pro Zeiteinheit, die einen Teil der zugeführten Wärmemenge bindet. Wird einer der Faktoren verändert, oder verändert er sich beispielsweise durch die abgeführte Wärmemenge über den Drehdorn bzw. die zugeführte Pulvermenge, so führt dieses bei konstant zugeführter Leistung zur Elektronenstrahlkanone zu einer nicht ausreichenden Erwärmung der Scheibe bzw. zu einer Überhitzung.

Dies kann dann ausgenutzt werden wie folgt:

Beim Aufschmelzen nämlich kann festgestellt werden, daß die tatsächliche Eckkontur, also der Übergang von der Seitenkante bis zur Oberfläche, eine Bogenform erreicht, wenn die Oberfläche aufgeschmolzen wird; je nach dem, wie sich die Bogenkontur krümmt, kann sich die Flächendifferenz ändern. Wenn beispielsweise ein Teil der Platte abschmilzt, dann wird sich dort eine Bogenkontur mit großem Radius ergeben und damit eine große Flächendifferenz erzeugt werden, die als fehler-

haft detektiert und angesehen werden kann.

Dieser erste Meßcursor kann U-förmig ausgebildet sein, wobei der eine Schenkel in der oberen und der andere Schenkel in der unteren Oberfläche und der Steg in der Seitenkante liegt. Wenn aufgrund einer Aufschmelzung das Material der Kontaktplatte nach unten abfließen will, dann kann dieser weitere Meßcursor eine solche Materialverlagerung detektieren.

Eine weitere Ausführungsform kann dahin gehen, daß ein zweiter Meßcursor in das Videobild eingeblendet wird, der eine in oder parallel zu der X-Achse liegende Linie und eine in oder parallel zu der Y-Achse liegende Linie besitzt, die so dem ersten Meßcursor zugeordnet sind, daß zwischen dem ersten Meßcursor und dem zweiten Meßcursor eine Rechteckfläche umgrenzt wird. Es besteht dabei die Möglichkeit, daß die Y-Linie des zweiten Meßcursors in der Mittelachse der Scheibe und die X-Linie im unteren Schenkel des ersten Meßcursors liegt.

Damit erhält man eine durch die beiden Meßcursors gebildete Viereck- oder Rechteckfläche, von der die durch die tatsächliche Kontur der Kontaktplatte innerhalb dieser Meßfläche gebildete Fläche abgezogen werden kann; der restliche Bereich ist diejenige Flächendifferenz oder Differenzfläche, die ein Maß für die Bogenkontur und den Radius ist.

Die durch die beiden Meßcursors gebildete Viereck- oder Rechteckfläche kann lediglich so groß sein, daß sie den Bereich der betrachteten Eckkontur der Scheibe überdeckt; es besteht auch die Möglichkeit, daß die Rechteckfläche der links von der Mittellinie der Scheibe befindlichen Scheibenkontur entspricht.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann ein dritter Meßcursor vorgesehen sein, der in Form einer quer zur Rieselrichtung des Cr-Pulvers unterhalb der Schüttöffnung für das Pulver verlaufende Linie in das Videobild hineinprojiziert wird; mit diesem dritten Meßcursor wird dabei die Pulvermenge überwacht.

Durch die beiden erstgenannten Meßcursors kann nicht allein nur die Temperatur des zu überwachenden Objektes detektiert werden, sondern darüberhinaus auch die exakte horizontale Lage der Platte.

Die Videosignale werden in bevorzugter Weise in die Grafikkarte eines Prozeßrechners eingegeben.

Ein wesentliches Problem, das bei dem Verfahren auftritt, ist die Tatsache, daß sich aufgrund der Aufschmelzung des Oberflächenbereiches der Platte Metaldämpfe bilden, die das Sichtfenster, durch welches die Videokamera Einblick in das Innere der Vakuumkammer erhält, beschlagen, weil sie auf der Innenfläche der Sichtscheibe kondensieren. Damit wird die Sichtscheibe mit der Zeit trübe und demgemäß sind Maßnahmen vorzusehen, um dies zu verhindern.

Bei einer ersten Ausführung ist eine Vakuumkammer vorgesehen, in der die Platten beschichtet werden, an der ein Sichtfenster vorgesehen ist, innerhalb welchem eine transparente Folie als Bedampfungsschutz für das Sichtfenster vorgesehen ist, die nach Durchführung einiger Beschichtungen weiter transportierbar ist, so daß ein neuer, unbedampfter Folienabschnitt vor das Sichtfenster gelangt.

Dabei kann die Folie beim Transport von einer Spule, die auf einer Seite des Sichtfensters angeordnet ist, abziehbar und auf eine andere Spule die auf der anderen Seite des Sichtfensters angeordnet ist, aufwickelbar sein.

Allerdings kann bei Verwendung der Folie, die in bevorzugter Weise eine Polyimidfolie ist, eine Dämpfung

des Meßsignales durch Absorption von Licht in bestimmten Spektralbereichen bewirkt werden. Darüberhinaus kann unter Temperatureinwirkung Kohlendioxid und/oder Kohlenmonoxid erzeugt werden, was für den Herstellungsprozeß nachteilig ist.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann an der Vakuumkammer ein nach außen vorspringender Stutzen vorgesehen sein, an dessen freiem Ende das Sichtfenster angeordnet ist, so daß sich das Sichtfenster in großem Abstand zum Meßobjekt befindet. Dabei werden evtl. Dämpfe im wesentlichen an der Innenfläche des kalten Stutzens kondensieren. Infolge eines reduzierten Metaldampfniederschlags wird die Gebrauchsdauer des Sichtfensters verlängert, so daß mehr Teile pro Wartungsintervall bis zum nächsten Austausch des Sichtfensters gefertigt werden können.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung kann darin bestehen, daß wenigstens eine Blende im Stutzen vorgesehen ist, so daß das Hinwandern von Metaldämpfen zur Sichtscheibe noch weiter verringert ist. Hierbei bestehen die Vorteile, daß die Handhabung sehr einfach ist und die Kosten gering sind, da das Anschweißen oder Befestigen eines Stutzens an der Vakuumkammer ein einfacher Vorgang ist und eine zusätzliche Gasentwicklung, wie sie bei der Verwendung einer Folie entstehen würde, vermieden wird.

Das Bildanalysesystem erkennt auf optischem Weg die prozeßbedingte Gestaltänderung der Kontaktscheibe, in dem sich die Flächendifferenz, siehe oben, während des Beschichtungsprozesses ändert. Die sog. On-line-Verarbeitung der Videodaten erfolgt dabei in Echtzeit. Die Änderung der Differenzfläche oder der Flächendifferenz innerhalb des Meßfensters wird dabei laufend berechnet; sie ist abhängig von der Gesamttemperaturbilanz der Platte oder Scheibe.

Bei Erreichen von experimentell ermittelten Grenzwerten, die in einem Rechenprogramm installiert und variabel sind, wird von dem Bildanalysesystem gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Reduzierung bzw. Anhebung des Kathodenstromes für die Elektronenstrahlkanone vorgenommen; es besteht auch die Möglichkeit, die Cr-Pulverzufuhr und/oder die Kühlleitung für die Scheibe durch den Drehdorn zu beeinflussen.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung sind vier Grenzwerte für die Differenzfläche installiert; es sind selbstverständlich auch mehr als vier Grenzwerte möglich. Mit dem Erreichen des einzelnen Grenzwertes wird die Elektronenstrahlleistung verändert und unmittelbar eine Beeinflussung der Wärmeenergie erreicht, wodurch eine unzulässige Gestalt- bzw. Konturänderung bis hin zu einer etwaigen Tropfenbildung vermieden wird.

Die Gesamtfunktionen des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden über eine speicherprogrammierbare Steuerungseinrichtung gesteuert. Die Sollwertvorgaben zur Veränderung der Elektronenstrahlleistung bzw. der Cr-Pulverdosiereinrichtung erfolgen über die Anlagen-SPS mittels Digital/Analogwandler. Das Bildanalysesystem gemäß der Erfindung greift nur beim Beschichtungszyklus in der erfindungsgemäß beschriebenen Weise in den Prozeß ein. Hierzu sind die Anlagen-SPS und der Prozeßrechner des Bildanalysesystems miteinander verbunden.

Anhand der Zeichnung, in der ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt ist, sollen die Erfindung

sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Verbesserungen der Erfindung näher erläutert und beschrieben werden.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Anordnung,

Fig. 2 drei übereinanderliegende Bilder mit Kontaktstücken in Seitenansicht unterschiedlicher Qualität,

Fig. 3 bis 5 Seitenansichten eines Kontaktstückes mit eingezeichneten Meß cursoren,

Fig. 6 und 7 jeweils ein Spannungs-Zeit-Diagramm, und

Fig. 8 ein Diagramm des zulässigen Kantenverformungsbereiches und der Leistung der Elektronenstrahlkanone über der Zeit.

Ein Kontaktstück 10 in Form einer Scheibe für einen Vakuumschalter ist auf einem Dorn 11 aufgelegt, der von einem nicht näher dargestellten Antriebsmotor in Drehung versetzt wird. Das Kontaktstück oder die Kontaktscheibe 10 ist in einem Gehäuse 12 untergebracht, in das eine Elektronenstrahlkanone 13 hineinragt. Aus einem Behälter 14, der im Gehäuse 12 untergebracht ist, wird Cr-Pulver 16 einer Schüttvorrichtung 15 zugeführt und rieselt von dort auf die Oberfläche des Kontaktstückes. Der Elektronenstrahl besitzt die Bezugssziffer 17. An der Kammer 12 ist ein Stutzen 18 befestigt dessen Stutzenende ein transparentes Sichtfenster 19 aufweist und in dem zwei Blenden 20 und 21 untergebracht sind. Der Stutzen ist rohrförmig. Außerhalb des Sichtfensters befindet sich das Objektiv 22 einer handelsüblichen Videokamera 23. Wenn mit der Videokamera das Kontaktstück 10 von der Seite aufgenommen wird, dann werden die optischen Signale in elektronische Signale umgewandelt, welche über eine Signalleitung 24 einer Grafikkarte innerhalb eines Prozeßrechners 25 zugeführt werden. Aufgrund der Videosignale werden vom Prozeßrechner 25 Ansteuersignale über eine Leitung 65 einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS genannt) 64 zugeführt, von der die Ansteuersignale verarbeitet und über eine Leitung 26 der Elektronenstrahlkanone und über eine Leitung 27 der Schüttvorrichtung zu deren Steuerung zugeführt werden. Wenn, was nicht dargestellt ist, über den Drehdorn 11 eine Kühlung für die Scheibe vorgesehen ist, dann wird auch die Kühlleistung bzw. die erforderliche Wärmeabfuhr von der SPS angesteuert.

Das Beschichtungsverfahren muß in Vakuum ablaufen. Somit muß der Raum, in dem sich die Scheibe 10 befindet, unter Hochvakuum stehen; in gleicher Weise muß auch der Behälter 14 und die Elektronenstrahlkanone 13 wenigstens teilweise unter Hochvakuum stehen, wobei teilweise bedeutet, daß der Elektronenstrahl 17 ausschließlich in Vakuum verlaufen muß. Dies ist angedeutet durch die strichlierte Linie 28. Alles, was innerhalb der strichlierten Linie 28 sich befindet, steht unter Vakuum.

Die Fig. 2 zeigt übereinanderliegend drei Bilder von unterschiedlichen Kontaktstücken. Das mittlere Bild b) zeigt ebenso wie die beiden oberen und unteren Bilder a) und c) ein Kontaktstück 10, welches einen Grundkörper 10<sub>1</sub> aus Kupfer und eine Schicht 10<sub>2</sub> aus einer Chrom-Kupferlegierung aufweist. Das Kontaktstück 10 der Fig. 2 b) ist korrekt, was man an der Abrundungskontur 10<sub>3</sub> links oben erkennen kann.

Das in der Fig. 2 a) dargestellte obere Kontaktstück 30 ist gleich aufgebaut wie das Kontaktstück gemäß Fig. 2 b); es ist aber fehlerhaft gefertigt in dem zuviel Energie zugeführt wurde. Dieses führte an der linken

oberen Ecke zu einer starken, fast kegelstumpfförmigen Abrundung 30<sub>3</sub> und einem Schmelztropfen 30<sub>4</sub>, der an der Unterseite des Grundmaterials 30<sub>1</sub> des Kontaktstückes 30 nach unten hervorragt.

Bei der Ausführung gemäß Fig. 2 c) ist das dort beschriebene Kontaktstück 40 zu wenig umschmolzen, so daß die Bogenform 40<sub>3</sub> im Bereich der linken oberen Ecke praktisch eckig ist. Die Konturen der Fig. 2 a) und 2 c) sind demgemäß fehlerhaft.

Die Fig. 3 zeigt ein Videobild einer Kontaktstücscheibe 10, von der Seite aufgenommen, vor der Beschichtung mit der Kupfer-Chromschicht. Die Scheibe 10 liegt dabei auf dem Dorn 11 auf, der sich entgegen der Uhrzeigerrichtung dreht, wie durch den Pfeil 45 angedeutet.

In das Videobild, das der Fig. 3 entspricht, sind zwei Meßcursors 46 und 47 eingeblendet bzw. hineinprojiziert, die miteinander eine Meßfläche 48 begrenzen. Der erste Meßcursor 46 besitzt dabei einen unteren Schenkel 49 und einen oberen Schenkel 50, die beide parallel zueinander verlaufen; der obere Schenkel 50 liegt in der oberen Oberflächenkontur und der Schenkel 49 in der unteren Oberflächenkontur. Die beiden Linien 49 und 50 sind miteinander mittels einer Linie 51 miteinander verbunden, die exakt in der Kontur der Seitenkante liegt, so daß die drei Linien 49, 50 und 51 des ersten Meßcursors 46 eine U-Form bilden und die linke Seite der Kontaktstücscheibe 10 umgrenzen. Der zweite Meßcursor 47 besitzt eine Linie 52, die parallel zu den Linien 49 und 50 verläuft, und eine weitere Linie 53, die parallel zu der Linie 51 verläuft; die Linien 49, 50 und 52 liegen in der X-Achse oder parallel dazu, wogegen die Linien 51 und 53 in der Y-Achse oder parallel dazu sich befinden. Die Linien 51 und 50 und die Linien 52 und 53 bilden das Meßviereck 48 zwischen sich.

Während des Schmelzvorganges wird der Übergang von der oberen Fläche bzw. Kontur 10<sub>5</sub> zu der Seitenkante 10<sub>6</sub>, der zu Beginn des Schmelzvorganges exakt eine 90°-Ecke wie die Ecke 10<sub>7</sub> bildete, nunmehr abgerundet unter Bildung des Bogens 10<sub>3</sub>. Die Kontur des Kontaktstückes 10 entsprechend Fig. 2b und Fig. 4 mit den Bogenabschnitten 10<sub>3</sub> innerhalb der Meßfläche 48 kann dadurch detektiert werden, daß die horizontal schraffierte Fläche 10<sub>8</sub> gemessen und von der von den Linien 52, 53 und 51, 50 umgrenzten Fläche 48 abgezogen wird. Die Differenzfläche 54 ist dann ein Maß für die Temperatur bzw. Qualität des gefertigten Kontaktstückes. Die Messung der flächen ist an sich Stand der Technik, so daß hierauf nicht näher eingegangen werden muß.

Unterhalb der Schüttöffnung 15 nach Fig. 5 befindet sich ein dritter Meßcursor 55, der senkrecht zur Schüttungsrichtung S des Pulvers 16 und parallel zu den Linien 49, 50 und 52 verläuft. Dieser linienförmige Meßcursor 55 dient zur Erfassung der Menge des herunterrieselnden Pulvers 16. Der Meßcursor 55 ist dann zusammen mit den anderen Meßcursoren 46 und 47 in das Videobild hineinprojiziert.

Bei den Fig. 3, 4 und 5 ist die Meßfläche 48 bezogen auf die halbe Konturfläche der Platte oder Scheibe 10 relativ klein. Es besteht natürlich auch die Möglichkeit, daß die Linie 52 des Meßcursors 47 in der Linie 49 und die Linie 53 in der Mittelachse der Scheibe 10 liegt. Es können natürlich auch Stellungen dazwischen vorgesehen werden.

Es sei nun Bezug genommen auf die Fig. 8.

Die untere Kurve zeigt den zulässigen Kantenverformungsbereich in Form des Radius aufgetragen über der

Zeit, wobei der Radius R abhängig ist von der Differenzfläche 54. Dieser Radius R bzw. die Differenzfläche darf einen maximalen und minimalen Wert nicht unterschreiten. Dazwischen befinden sich bestimmte Grenzwerte G1, G2, G3, die dann, wenn die Kurve 60 die jeweiligen Grenzwerte erreicht und über- oder, je nach Verfahrensablauf, unterschreitet, jedenfalls aber kreuzt, eine Ansteuerung der Leistung der Elektronenstrahlkanone bewirken. Die Grenzwerte G1, G2 und G3 entsprechen den Grenzwerten des Radius bzw. der Differenzfläche, an denen eine Einwirkung auf die Elektronenstrahlkanone vorgenommen werden muß, wenn ein korrektes Kontaktstück hergestellt werden soll.

Die obere Kurve zeigt die Leistung der Elektronenstrahlkanone über der Zeit, wobei in der Steuerung drei Zeitabschnitte  $t_1$ ,  $t_{II}$  und  $t_{III}$  bestimmt sind, zu denen die Leistung der Elektronenstrahlkanone abgesenkt wird. Diese stufenartig verlaufende, dick ausgezogene Leistungskurve zeigt diejenige Leistung an, die für eine normale oder Referenzscheibe zweckmäßig ist. Die Kurve ist aufgrund von Untersuchungen in dieser Form festgelegt worden.

Die Kantenverformung, somit die Differenzfläche oder der Radius, vergrößert sich zunächst relativ steil, wie aus der dick ausgezogenen Kurve 60 unterhalb des Minimalwertes ersichtlich ist und wird dann flacher. Dabei bestehen vier Möglichkeiten, abhängig von der Scheibe 10 selbst.

Nach Erreichen des Wertes R<sub>min</sub> kann die Kurve 60 so verlaufen, wie durch die strichlierte Linie 60<sub>1</sub> dargestellt. Sie verbleibt unterhalb des Grenzwertes G1, und demgemäß verläuft die Leistungskurve der Elektronenstrahlkanone so wie dick ausgezogen im oberen Teil.

Sollte die Kurve 60 den unteren Grenzwert G1 erreichen bzw. überschreiten und der dick ausgezogenen Linie 60<sub>2</sub> folgen, sollte also die Differenzfläche oder der Radius diesen unteren Grenzwert erreichen bzw. überschreiten, dann wird die Leistungskurve beim Überkreuzen des Wertes G1 abgesenkt auf einen Wert P<sub>1</sub>; wenn dann der Wert G2 nicht mehr erreicht wird, verläuft die Leistungskurve ab dem Zeitpunkt  $t_1$  entsprechend der dick ausgezogenen Linie im oberen Bereich.

Erreicht die Kurve 60 den Grenzwert G2, wie strichliert durch 60<sub>3</sub> dargestellt ist, dann wird bei Erreichen des Grenzwertes G2 die Leistung abgesenkt auf den Wert P<sub>2</sub>.

Sollte dann der Radius oder die Differenzfläche dem punktierten Verlauf 60<sub>4</sub> folgen und den Grenzwert G3 erreichen, dann wird die Leistungskurve von dem Leistungswert P<sub>2</sub> aus nochmals abgesenkt auf Null, damit der Grenzwert G3 nach Abkühlung wieder unterschritten wird.

Ob die einzelnen Grenzwerte G1, G2 und G3 erreicht und/oder überschritten und ggf. wieder unterschritten werden, hängt von der Beschaffenheit der Scheibe und von den einzelnen Parametern ab, wie z. B. von der über den Drehdorn abgeführten Wärmemenge zur Kühlung der Scheibe, von der Leistung der Elektronenstrahlkanone oder von der Schüttmenge des Cr-Pulvers pro Zeiteinheit.

In Fig. 8 sind lediglich drei Grenzwerte angegeben. Es besteht natürlich auch die Möglichkeit, weitere Grenzwerte vorzusehen.

Es sei nun Bezug genommen auf die Fig. 7, bei der die Spannung an der Elektronenstrahlkanone aufgetragen ist über der Zeit. Die dick ausgezogene Spannungskurve entspricht der von der zentralen speicherprogrammierbaren Steuerung 24 angegebenen bzw. vorgegebenen

Spannung  $U_{SpS}$ , die in der SPS 24 einprogrammiert ist. Es ist eine Treppenkurve mit einer ersten Stufe 61, bei der die Spannung angehoben wird und einer zweiten Stufe 62, bei der sie abgesenkt wird; bei der dritten Stufe 63 wird die Spannung auf Null zurückgefahren.

Sollte bei der Zeit  $t_{G1}$  der Grenzwert G1 überschritten werden, dann wird die Spannung  $U_{SpS}$  bei  $t_{G1}$  um einen Wert  $U_1$  abgesenkt; die Spannung des Elektronenstrahls liegt dann, wenn der Grenzwert G2 nicht mehr überschritten wird, um den Wert  $U_1$  vermindert unterhalb der dick ausgezogenen Kurve  $U_{SpS}$ .

Wenn der Grenzwert G2 über-, der Grenzwert G3 nicht überschritten wird, wird die Elektronenstrahlspannung, ausgehend von der Spannung  $U_{SpS}$  um den Betrag  $U_2$  abgesenkt; sollte der Grenzwert G3 unterschritten werden, dann um den Wert  $U_3$ . Sollte dann ein weiterer Grenzwert G4, der zusätzlich noch eingegeben sein kann, nicht erreicht werden, dann verläuft, wie aus Fig. 7 ersichtlich ist, die Spannung des Elektronenstrahls entlang der Linie  $U_{SpS}$ , vermindert um  $U_3$ . Sobald ein Grenzwert G4 erreicht wird, wird die Spannung  $U_{SpS}$  zum Zeitpunkt  $t_{G4}$  um den Wert  $U_4$  vermindert.

Bei der Ausführung nach Fig. 6 wird die Spannung  $U_2$  nicht stufenweise, sondern einem Regelvorgang entsprechend abgesenkt; hierzu ist ein PID-Regler im Prozeßrechner (Bildanalysesystem) vorgesehen, so daß eine stufige Absenkung der Spannung am Elektronenstrahl direkt abgestimmt ist auf die Verhältnisse an der Scheibe.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung der Beschichtung einer Platte aus einem Metall vorzugsweise mit einer hohen Leitfähigkeit, insbesondere aus Kupfer, mit einem Material mit geringerer Leitfähigkeit, insbesondere Chrom, zur Bildung einer Cu-Cr-Schicht, insbesondere für Vakuumschaltkontakte, in dem die Platte an ihrer Oberfläche mit einem Wärmestrahle, insbesondere einem Elektronenstrahl, auf- bzw. angeschmolzen und in die Schmelze Chrompulver eingegeben wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur bzw. Temperaturverteilung und/oder die Pulvermenge mittels einer Videokamera überwacht werden, in dem die der Temperatur und der Form der Platte und/oder der zugeführten Pulvermenge zugehörigen optischen Signale von der Videokamera erfaßt und in einer Meß- und Auswerteinrichtung verarbeitet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Videokamera die Platte seitlich betrachtet und durch Einprojizieren eines ersten Meßcursors in Form von in oder parallel zu der X- und Y-Achse liegenden Linien (X-Linien, Y-Linien) die Flächendifferenz oder Differenzfläche zwischen der Eckkontur des ersten Meßcursors gebildet durch die X-Y-Linien, die in der oberen Oberflächenkontur bzw. in der Seitenkantenkontur liegen, und der tatsächlichen Eckkontur der Scheibe errechnet und mit einem Soll- oder Grenzwert verglichen wird, derart, daß dann, wenn die Flächendifferenz einen bestimmten Wert über- bzw. unterschreitet, eine entsprechende Änderung der Energiezufuhr zu dem Elektronenstrahl und/oder der Cr-Zufuhr und/oder der abgeführten Wärmemenge einer evtl. vorhandenen Kühlung der Scheibe bewirkt wird, dahingehend, daß bei Überschreitung

eines Grenzwertes die Energiezufuhr verringert, die Schüttmenge erhöht oder die Kühlleistung erhöht oder alles gleichzeitig durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Meßcursor U-förmig ist und jeweils einen in der oberen Oberflächenkontur und in der unteren Oberflächenkontur liegenden Schenkel und einen in der Seitenkantenkontur liegenden Steg aufweist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Videokamera die Platte seitlich betrachtet und ein zweiter Meßcursor in das Videobild einprojiziert wird, der eine Linie, die parallel zur oberen Oberflächenkontur verläuft, und eine weitere Linie, die parallel zur Seitenkantenkontur verläuft, aufweist, so daß zwischen dem ersten und dem zweiten Meßcursor eine rechteckige Meßfläche gebildet ist, von der die durch die tatsächliche Eckkontur gebildete Ist-Fläche abgezogen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die parallel zur oberen Oberflächenkontur verlaufende Linie maximal in der unteren Oberflächenkontur und die parallel zur Seitenkontur verlaufende Linie maximal in der Mittelachse der Scheibe oder Platte liegt.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein dritter Meßcursor in Form einer horizontal und senkrecht zur Rieselfrichtung des Cr-Pulvers unterhalb der Schüttöffnung für das Pulver verlaufenden Linie in das Videobild einprojiziert wird, mit dem die zugeführte Pulvermenge überwacht wird.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch den ersten und/oder den zweiten Meßcursor die exakte Horizontallage der Platte detektiert wird.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Videosignale der Videokamera in eine Grafikkarte eines Rechners, vorzugsweise eines Prozeßrechners, eingegeben werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Rechner mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) verbunden ist.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die gesamte Steuerung aller Parameter einschließlich der Bildanalysedurchführung ausschließlich durch einen Prozeßrechner erfolgt.

11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Rechner ein Personalcomputer ist.

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche, mit einer Vakuumkammer, in der die Aufschmelzung und Beschichtung der Platte vorgenommen werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Vakuumkammer ein Sichtfenster aufweist, durch das die Videokamera ins Innere sieht.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der Vakuumkammer vor dem Sichtfenster eine klar transparente Folie als Bedampfungsschutz für das Sichtfenster vorgesehen ist, die nach einiger Zeit weitertransportierbar ist, so daß ein neuer, unbedampfter Folienabschnitt vor das Sichtfenster gelangt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Folie beim Transport von

einer Spule, die auf einer Seite des Sichtfensters angeordnet ist, abziehbar und auf eine andere Spule, die auf der gegenüberliegenden Seite des Sichtfensters angeordnet ist, aufwickelbar ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Folie aus Polyimid besteht. 5

16. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß an der Vakuumkammer ein nach außen vorspringender Stutzen vakuumdicht befestigt ist, an dessen freiem äußerem Ende das Sichtfenster angeordnet ist, so daß sich das Sichtfenster in großem Abstand von der Platte befindet und evtl. Metaldämpfe im wesentlichen an der Innenfläche des Stutzens kondensieren. 10 15

17. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Blende im Stutzen befestigt ist.

---

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -



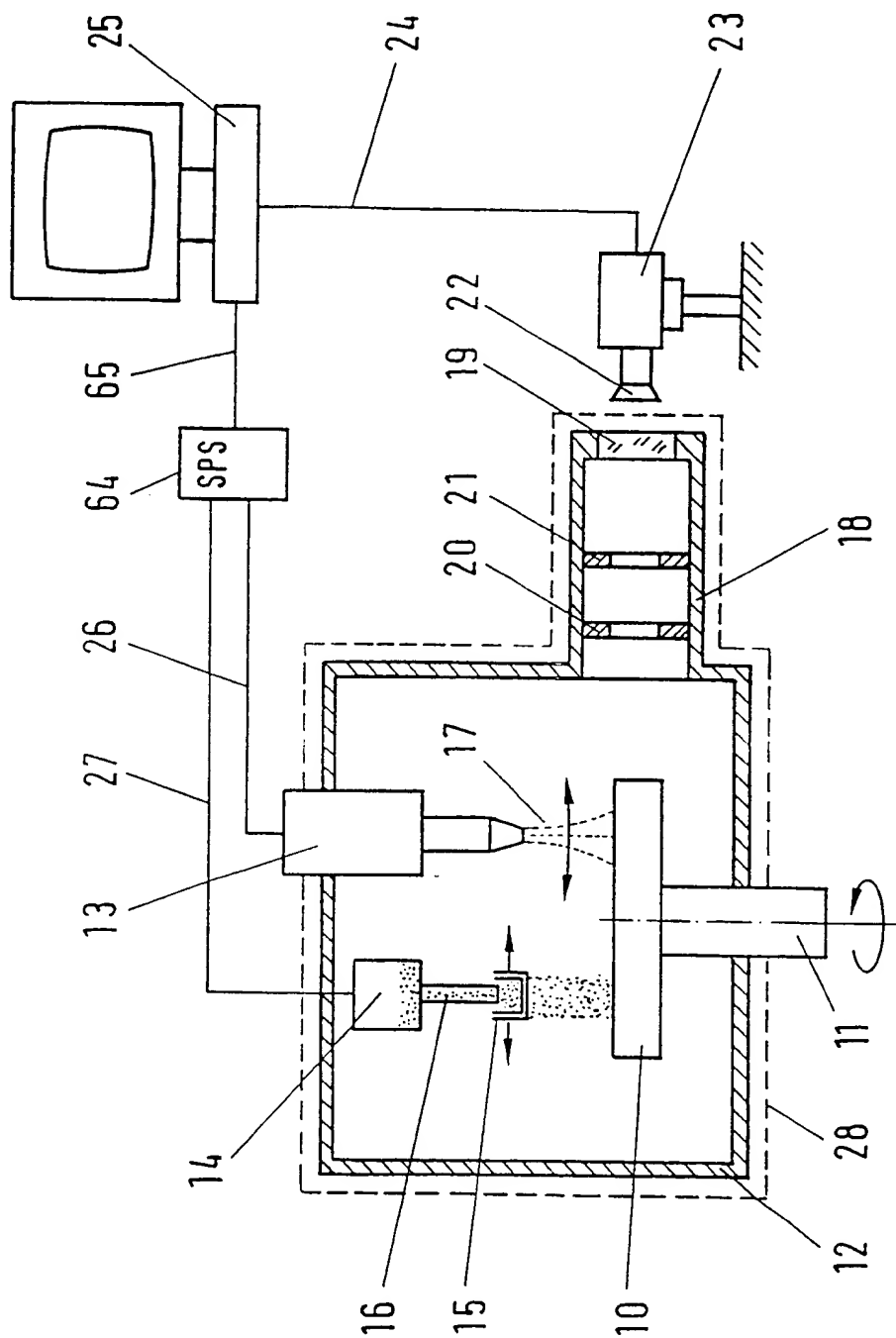


Fig. 1

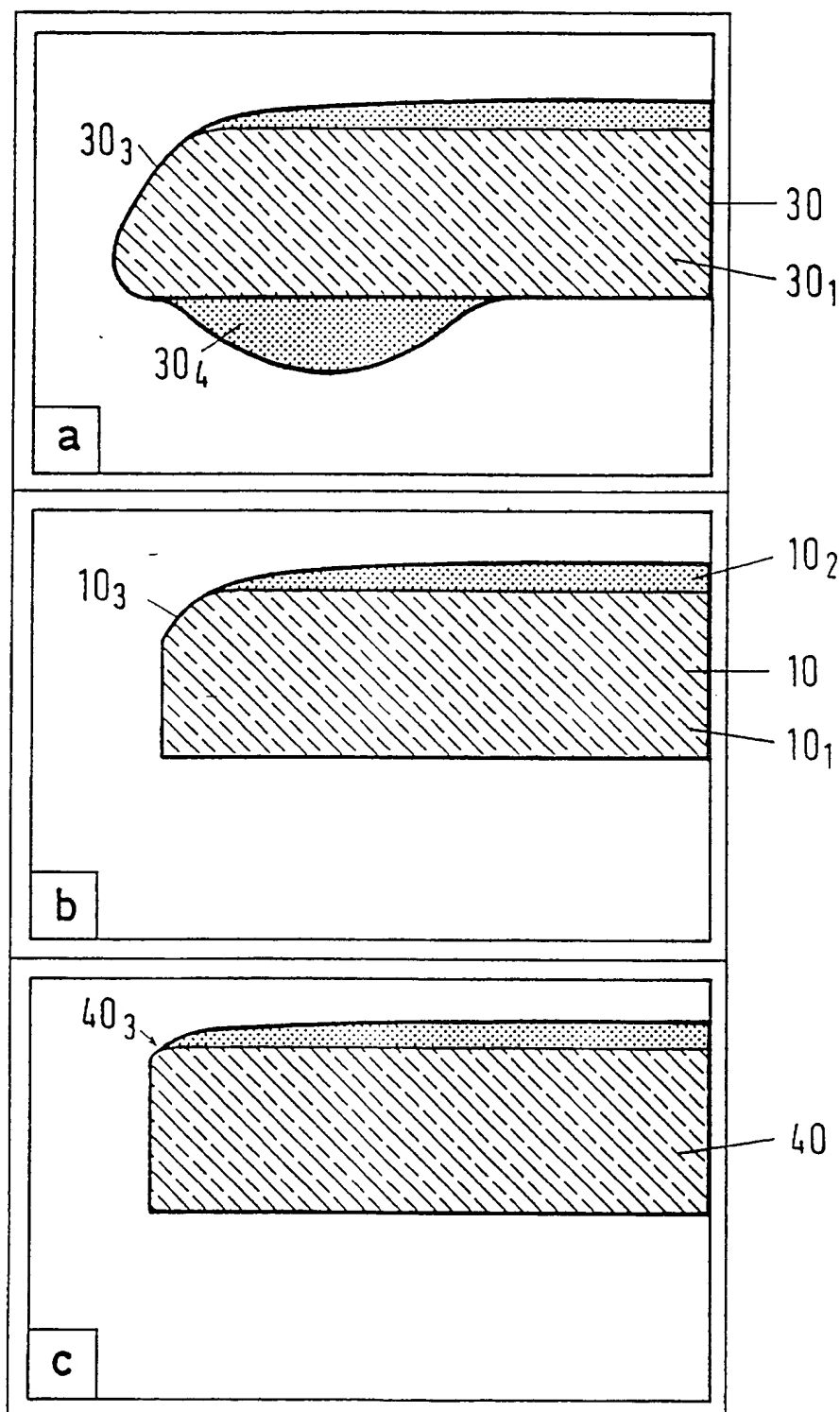


Fig. 2

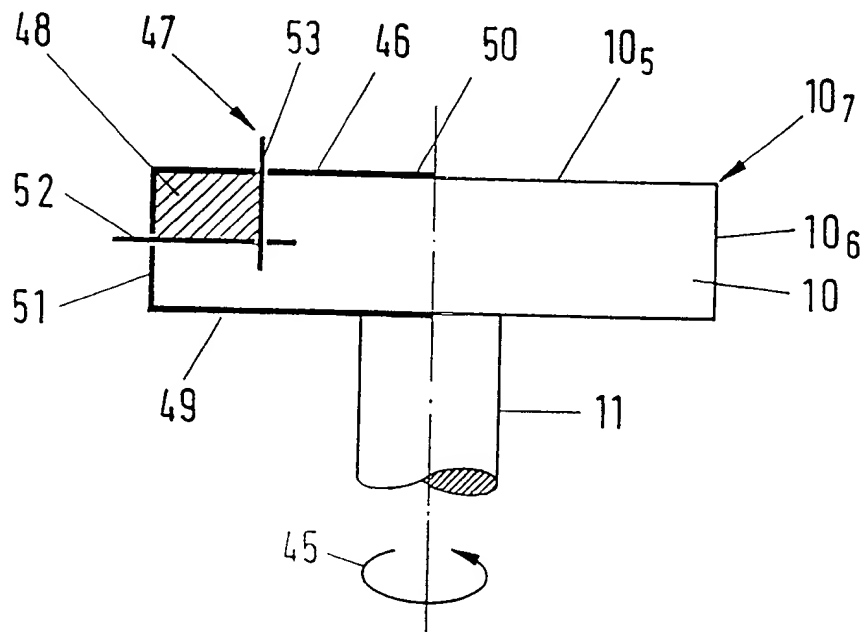


Fig. 3

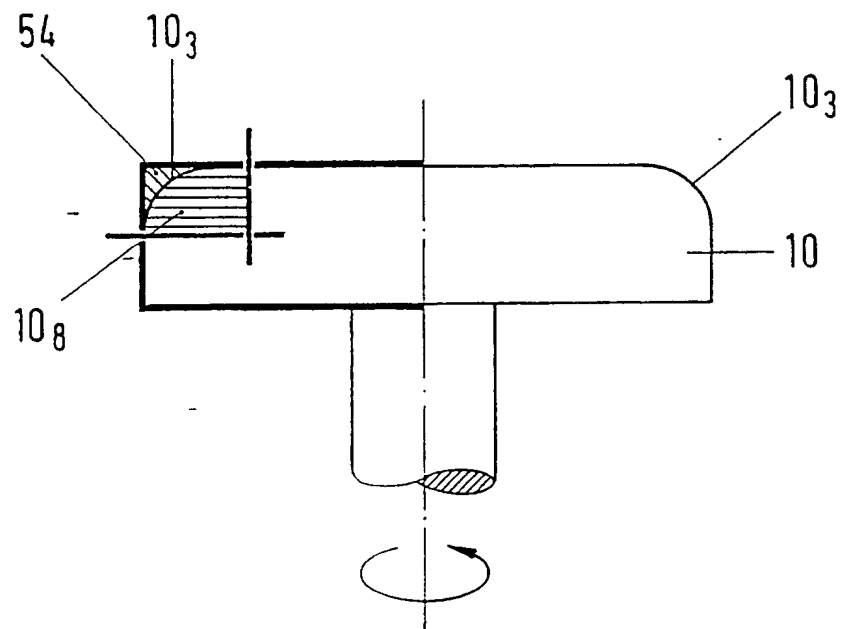


Fig. 4

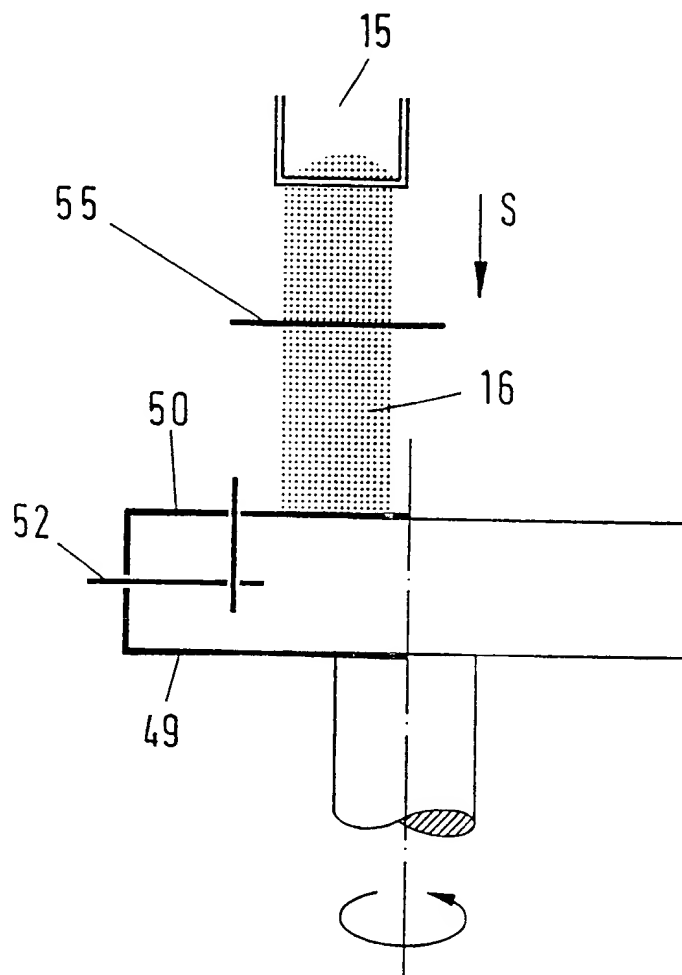


Fig. 5

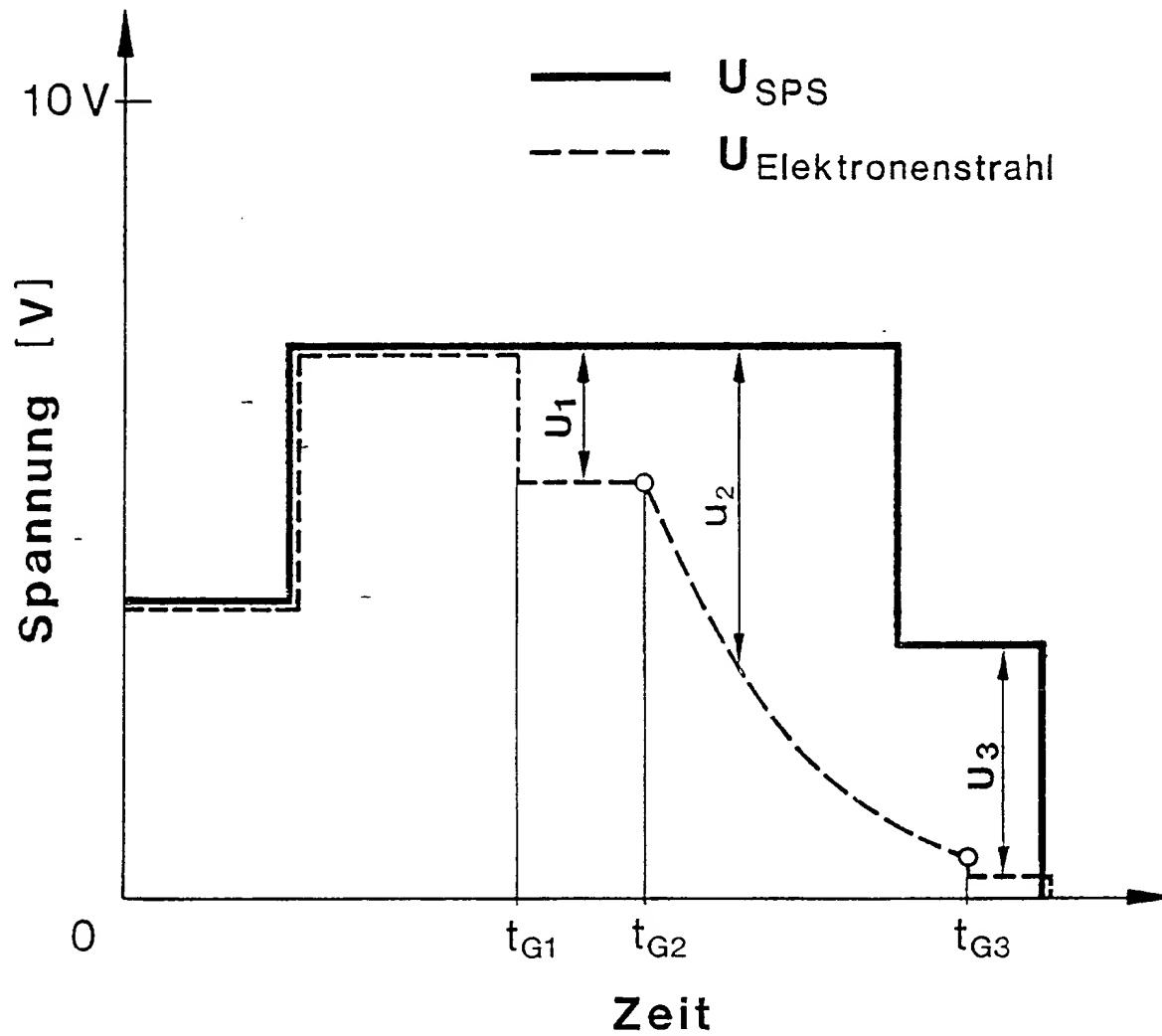


Fig. 6

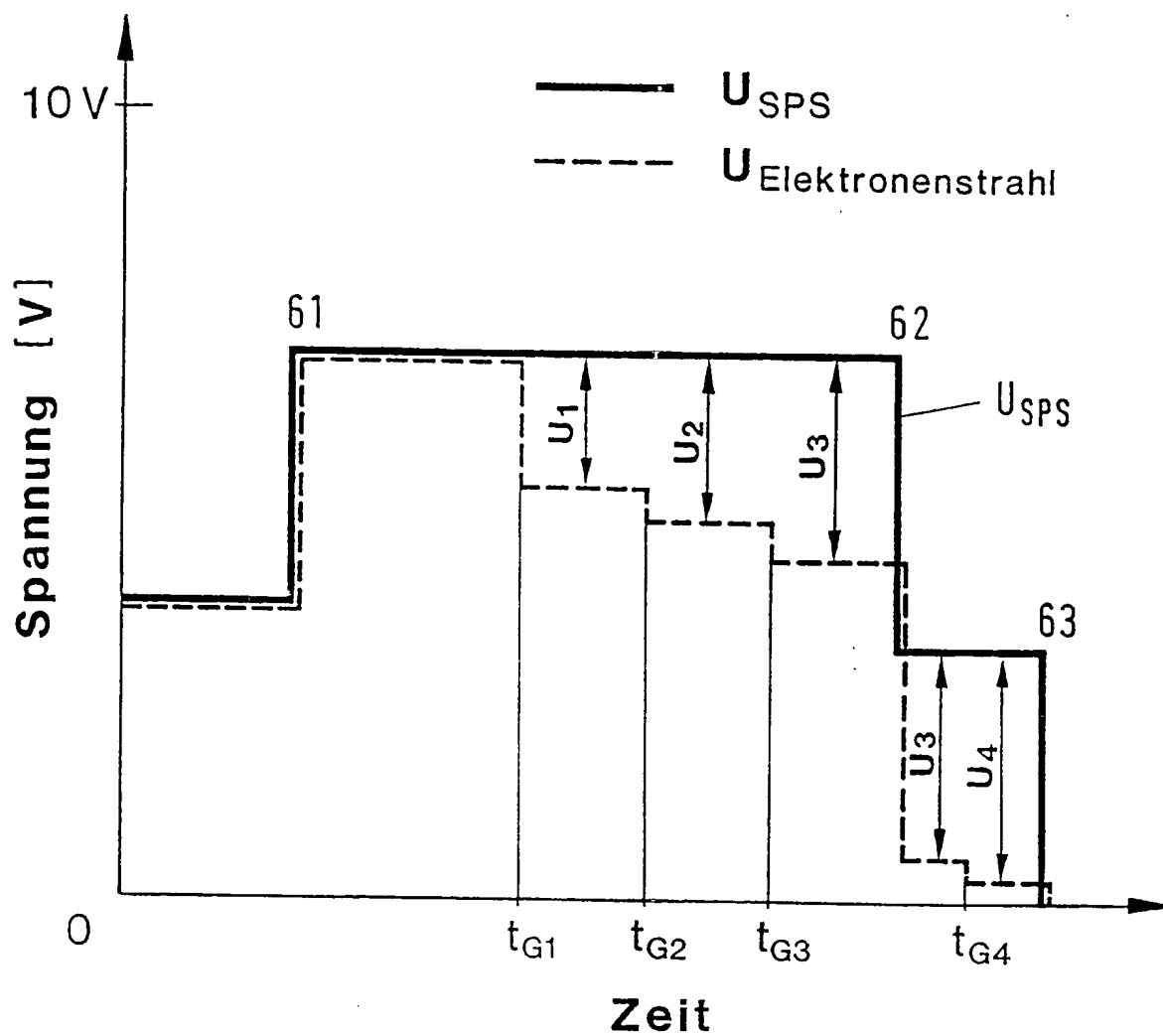


Fig. 7

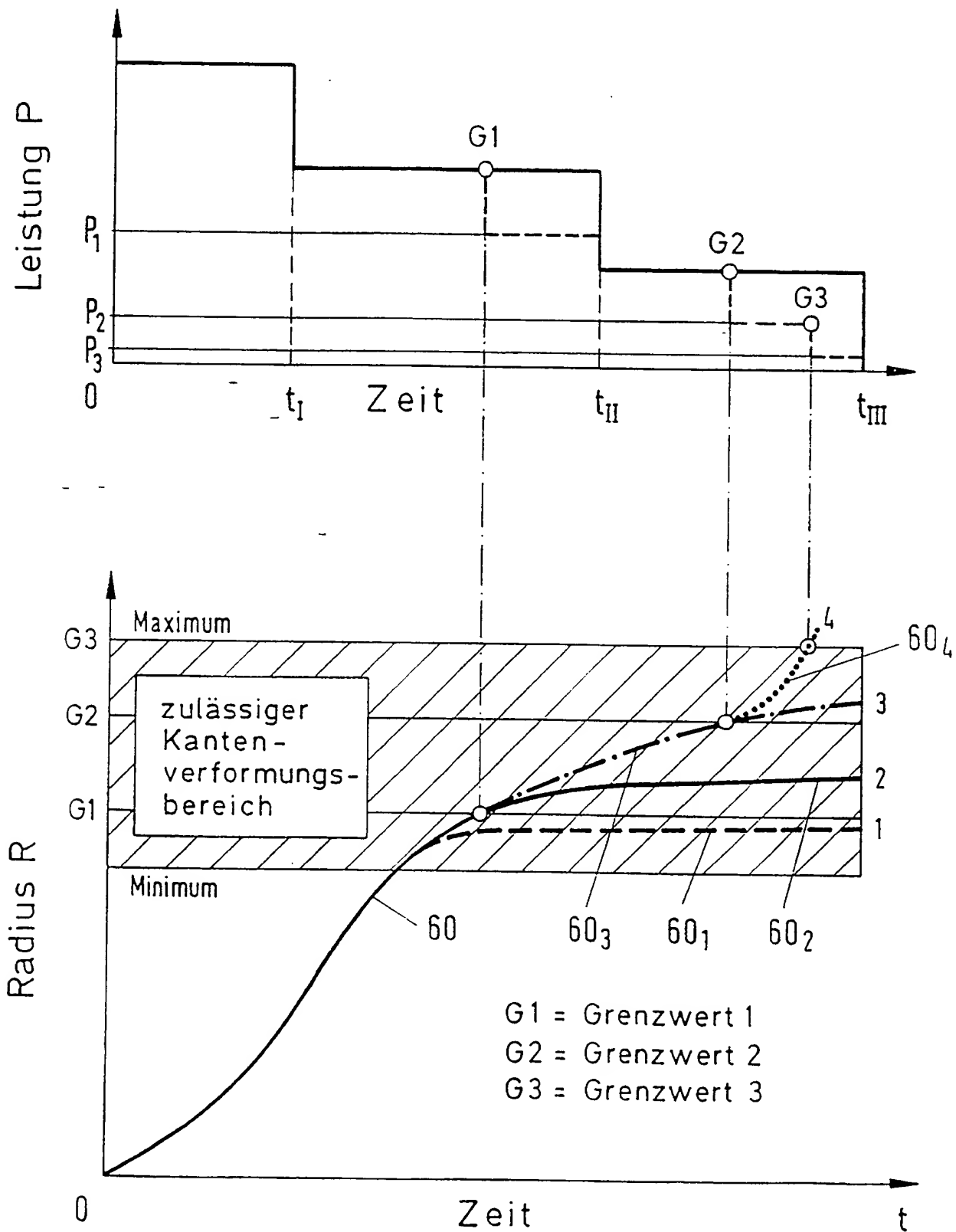


Fig. 8